

10/526278

DT01 Rec'd PCT/PTC 01 MAR 2005

Electrical overstress protection device

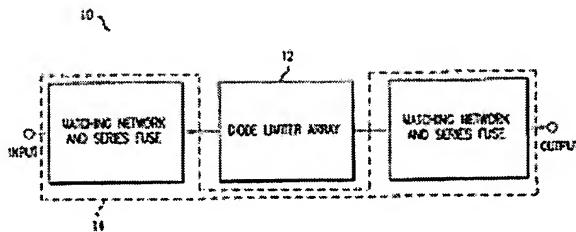
Patent number: DE19649176
Publication date: 1997-10-23
Inventor: EHLERS ERIC R (US)
Applicant: HEWLETT PACKARD CO (US)
Classification:
- **international:** H02H9/00; G01R1/36; H01L29/872
- **european:** H01L27/02B4; H01Q1/50
Application number: DE19961049176 19961127
Priority number(s): US19960631098 19960412

Also published as:

US5714900 (A1)
JP10065474 (A)
GB2312105 (A)

Abstract not available for DE19649176
Abstract of corresponding document: **US5714900**

An electrical overstress power protection device consists of a diode limiter array and an input and output electrical matching network. All of these functions are integrated monolithically on a single semiconductor chip which allows ease of use, small size, and high frequency operation. The device is used to protect instrument input and output circuitry from damage.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BEST AVAILABLE COPY

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 196 49 176 C 2**

⑯ Int. Cl. 7:
H 02 H 9/00
G 01 R 1/36
H 01 L 29/872

⑯ Aktenzeichen: 196 49 176.2-34
⑯ Anmeldetag: 27. 11. 1996
⑯ Offenlegungstag: 23. 10. 1997
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 12. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Unionspriorität:
631098 12. 04. 1996 US

⑯ Patentinhaber:
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US

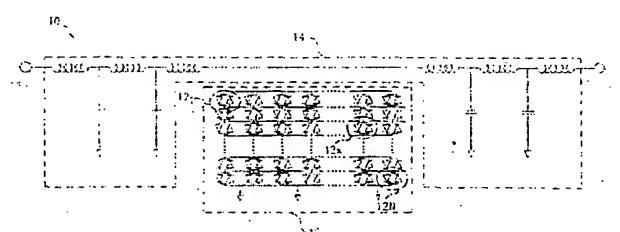
⑯ Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 81479
München

⑯ Erfinder:
Ehlers, Eric R., Santa Rosa, Calif., US

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 53 92 188 A
US 53 41 114 A
US 51 50 271 A
US 48 07 081
US 46 30 164
US 44 10 902
WO 91 07 798 A1

⑯ Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung

⑯ Gerät (10) zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung für elektrische Schaltungen, mit folgenden Merkmalen:
einem Diodenbegrenzerarray (12), das M Serien von N Paaren von parallelen Dioden (12₁ . . . 12_N), die, seriell verbunden sind, aufweist, wobei M und N ≥ 2 sind, und jedes Paar von parallelen Dioden eine in Flussrichtung und eine in Sperrrichtung betriebene Diode aufweist, wobei Paare von parallelen Dioden in einer Serie mit jeweils entsprechenden Paaren von parallelen Dioden weiterer Serien parallel verbunden sind;
einem Eingangsanpassungsnetzwerk (14); und
einem elektrischen Ausgangsanpassungsnetzwerk (14).



DE 196 49 176 C 2

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf Leistungsschutzgeräte für Meßgeräteausstattungen. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen Leistungsschutz für eine Hochfrequenz-Meßgeräteausstattung.

[0002] Moderne elektrische Meßausstattungen werden immer empfindlicher gegenüber einer elektrostatischen Entladung (ESD; ESD = Electrostatic Discharge) und gegenüber einer elektrischen Überbeanspruchung (EOS; EOS = Electrical Overstress). Dies gilt besonders für HF- und Mikrowellentestgeräte, die in großem Maße integrierte Halbleiterorschaltungen sowie diskrete Halbleiterbauelemente verwenden. Dies ist besonders aufgrund der kleinen Geometrien der Schaltungen, die für ein Hochfrequenzverhalten benötigt werden, und aufgrund der Eigenschaften des Halbleitermaterials der Fall.

[0003] Zwei Typen von Bauelementen und Schaltungen wurden zum Schutz vor ESD und EOS verwendet: Parallel- und Serienelemente. Das Parallelschutzgerät ist typischerweise ein nichtlineares Gerät, das normalerweise in einem Zustand hoher Impedanz ist, das jedoch bei schädlichen (hohen) Spannungspegeln in einen Zustand mit niedriger Impedanz eintritt und einen potentiell schädlichen Strom zur Masse hin kurzschließt. Diese nichtlinearen Parallelschutzbaulemente werden oft Stoßspannungsschutzgeräte (SPDs; SPD Surge Protection Devices) genannt. Ein serielles Schutzgerät befindet sich normalerweise in einem Zustand mit niedriger Impedanz, dasselbe geht jedoch in einen Zustand mit hoher Impedanz bei hohen Strompegeln über und verhindert das Ausbreiten einer potentiell schädlichen Spannung. Eine Kombination von Parallel- und Serien-Schutzelementen kann den besten Schutz vor ESD und EOS liefern.

[0004] HF- und Mikrowellentestgeräte sind im allgemeinen als Empfänger, als Quellen oder als Kombinationen von Empfängern und Quellen klassifiziert. Sowohl Empfänger als auch Quellen profitieren von Schaltungen, die einen Schutz vor ESD und EOS liefern. Schutzschaltungen für HF- (HF = Hochfrequenz) und Mikrowellentestgeräte weisen fünf spezielle Anforderungen auf. Zuerst muß die übertragene Spannung, die in das Gerät eintritt, begrenzt oder bei einer niedrigen Spannung (geklemmt) werden, um eine Beschädigung empfindlicher Komponenten zu verhindern. Diese Spannung ist typischerweise im Bereich von 4 bis 10 Volt entweder im positiven oder im negativen Bereich. Zweitens muß die Schutzschaltung als Schutz gegen schnelle Spannungstransienten eine schnelle Reaktionszeit aufweisen (typischerweise unter einer Nanosekunde). Drittens werden die Schutzschaltungen typischerweise in eine Übertragungsleitungsumgebung eingefügt, wo sie an die charakteristische Impedanz der Leitung angepaßt sein müssen, um eine Fehlanpassung, einen Verlust an übertragener Leistung und unerwünschte Reflexionen zu verhindern. Zusätzlich sollten sie einen niedrigen resistiven Verlust aufweisen, um einen Verlust von übertragener Leistung zu verhindern. Ferner muß die Schutzschaltung gegenüber einer Beschädigung durch ESD und EOS widerstandsfähiger als die Komponenten sein, die geschützt werden sollen, wobei die Schutzschaltungen ferner eine Langzeitzuverlässigkeit bieten müssen. Zuletzt sollte die Schutzschaltung im Aufbau preisgünstig sein.

[0005] Obwohl eine Vielzahl von SPDs verwendet wurde, sind die meisten nicht für HF- und Mikrowellenmeßgeräte geeignet. Funkenstrecken leiten eine zu hohe Spannung und weisen zu langsame Ansprechzeiten auf. Gesteuerte Siliziumgleichrichter und Triacs weisen langsame Ansprechzeiten auf. Metall-Oxid-Varistoren weisen eine Kapazität auf.

die zu hoch ist, um eine gute Anpassung bei hohen Frequenzen zu schaffen. PIN-Dioden, vielleicht mit Zener-Dioden, um eine Vorspannung zu liefern, wurden als SPDs bei hohen Frequenzen erfolgreicher verwendet, sie haben jedoch typischerweise Ansprechzeiten, die nicht schnell genug sind, um integrierte Hochfrequenzschaltungen zu schützen. Herkömmliche Si-Übergangsdiode weisen ebenfalls eine langsame Ansprechzeit auf.

[0006] Schottky-Barrieredioden (z. B. Si oder GaAs) besitzen die erforderliche Geschwindigkeit, sie haben jedoch begrenzte Leistungshandhabungsfähigkeiten, es sei denn, daß große Bauelemente mit hoher Kapazität verwendet werden. Zusätzlich sind kommerziell verfügbare Schottky-Dioden bei einer Verwendung in einer Übertragungsleitungsgebung schwierig. Es ist schwierig, die erforderliche Impedanzanpassung, den niedrigen Verlust und eine Leistungs-handhabung in dem breiten Frequenzbereich zu erreichen, der für HF- und Mikrowellentestgeräte erforderlich ist. Dies ist teilweise aufgrund der Anzahl von Dioden, die in der Schutzschaltung verwendet werden müssen, und aufgrund der parasitären Effekte des Gehäuses (kapazitiv und induktiv) jeder Diode der Fall. Für einen Schutz vor sowohl positiver als auch negativer Spannungsbelastung müssen Dioden beider Polaritäten verwendet werden. Wenn zusätzlich eine elektrische Vorspannung nicht verfügbar ist, müssen serielle "Stapel" von Dioden verwendet werden, um die erforderliche Klemmspannung (typischerweise 4 bis 10 Volt) zu erreichen. Aus der US 5,341,114 ist ein Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung für elektrische Schaltungen bekannt, welches ein Diodenbegrenzerarray hat, welches zwei Reihen von jeweils zwei Paaren von parallelen Dioden, die in Reihe miteinander verbunden sind, aufweist, wobei jedes Paar von parallelen Dioden eine in Flüßrichtung und eine in Sperrrichtung betriebene Diode aufweist. Die beiden Reihen von in Serie geschalteten Dioden, die als diskrete Einzelemente ausgeführt sind, liegen elektrisch voneinander getrennt auf zwei Seiten einer Streifenleitung jeweils zwischen einem Anschlußpunkt auf der Streifenleitung und einander gegenüberliegenden Masseanschlüssen.

[0007] Es wäre zweckmäßig, ein Gerät zum Schutz vor einer elektrischen Überbeanspruchung zu haben, das eine empfindliche Ausgangsschaltung von HF- und Mikrowellentestgeräten vor einer elektrischen Überbeanspruchung, vor einer elektrostatischen Entladung und vor einer rückwärts gerichteten Leistung schützt. Zusätzlich würde es vorteilhaft sein, wenn dieses Schutzgerät aufgrund niedriger Kosten, aufgrund der Einfachheit des Zusammenbaus und aufgrund einer höheren Leistung auf einem einzigen Halbleiterchip integriert sein würde.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein weiteres Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung zu schaffen, das preisgünstig ist und doch einen wirk samen Schutz liefert.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0010] Ein Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung weist ein Array von planar dotierten Barrieredioden (PDB-Dioden; PDB = Planar Doped Barrier) auf, das wie ein Parallelschutzgerät wirkt, das auf einem monolithischen Substrat integriert ist. Ein elektrisches Eingangs- und Ausgangs-Anpassungsnetzwerk paßt die Impedanz des Diodenarrays an die charakteristische Impedanz der Eingangsverbinder bzw. der Ausgangsverbinder der Meßgeräte an.

[0011] Das Anpassungsnetzwerk umfaßt eine Metalleiterbahn, die als serielle "Sicherung" wirkt (ein Serienschutzgerät). Das Schutzgerät kann an dem Eingang von Geräteempfängern und an dem Ausgang von Gerätquellen verwendet werden.

Wenn es verwendet wird, um eine Quelle zu schützen, wird das Schutzgerät oft als "Rückwärtsleistungsschutz"-Gerät bezeichnet.

[0011] Das Array von Dioden besteht aus mehreren Serienstapeln von Dioden, die entlang einer Länge einer Übertragungsleitung verteilt sind. Serienstapel von Dioden werden verwendet, um die erwünschte Klemmspannung ohne den Bedarf nach einer extern angelegten Vorspannung zu erreichen.

[0012] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

[0013] Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Geräts zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung; und

[0014] Fig. 2 eine schematische Ansicht des Diodenbegrenzerarrays, das in Fig. 1 gezeigt ist.

[0015] Ein Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung weist ein Array von planar dotierten Barrieref-Dioden (PDB-Dioden) auf, die als ein Parallelschutzgerät wirken, das auf einem monolithischen Substrat integriert ist. Ein elektrisches Eingangs- und Ausgangs-Anpassungsnetzwerk paßt die Impedanz des Diodenarrays an die charakteristische Impedanz der Eingangsverbinder bzw. der Ausgangsverbinder der Geräte an. Das Anpassungsnetzwerk umfaßt eine Metalleiterbahn, die als eine Serien- "Sicherung" wirkt (d. h. ein Serienschutzgerät).

[0016] Fig. 1 stellt ein Blockdiagramm des Geräts 10 zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung dar. Das Gerät 10 besteht aus einem Diodenbegrenzerarray 12 und einem elektrischen Eingangs- und einem elektrischen Ausgangsanpassungsnetzwerk 14. Durch Integrieren des Geräts 10 auf ein einziges Substrat existiert eine bessere Impedanzanpassung und ein niedrigerer Einfügeverlust bei hohen Frequenzen. Die Alternative zur monolithischen Integration, wie z. B. diskrete Dioden und Anpassungsschaltungselemente, begrenzt die Frequenzantwort aufgrund der parasitären Effekte der Verbindungen und des Gehäuses. Zusätzlich ist das Gerät kompakt und einfach im Zusammensetzen.

[0017] Fig. 2 stellt schematisch das Diodenbegrenzerarray 12, das in Fig. 1 gezeigt ist, dar. Jedes Element 12_{1...N} des Arrays 12 ist eine planar dotierte Barrieref- (PDB-) Diode 12_x, die entworfen ist, um als ein antiparalleles Paar von herkömmlichen Dioden zu wirken. Dies bedeutet, daß jede PDB-Diode 12_x symmetrisch bei beiden Spannungspolaritäten leitet. Es ist eine Serie von Dioden, typischerweise 5 oder mehr, zwischen dem Mittelleiter des Geräts und der Masse vorhanden.

[0018] Der Serienstapel von Dioden stellt sicher, daß bei niedrigen Spannungs- und Leistungspiegeln eine geringere Leitung zwischen dem Mittelleiter des Geräts und der Masse vorhanden ist, was in einer niedrigeren harmonischen Verzerrung der HF-Signale, die durch das Gerät laufen, resultiert. Es werden keine externen Vorspannungen benötigt, was die Verwendung und den Zusammensetzen einfacher macht. Bei hohen Spannungs- und Leistungspiegeln leiten die Dioden große Ströme zur Masse, wodurch die Eingangs- oder Ausgangsschaltung der Meßgeräte geschützt wird. Zusätzlich weist ein Serienstapel von Dioden eine niedrigere Kapazität als eine einzelne Diode mit der gleichen gesamten aktiven Diodenfläche auf.

[0019] Mehrere Stapel von Dioden weisen einen niedrigeren Serienwiderstand als ein einziger Diodenstapel mit der gleichen aktiven Gesamtiodenfläche auf. Der niedrigere Widerstand resultiert in einem niedrigeren Übertragungsverlust bei niedrigen Spannungspegeln und in einer konstanteren Spannungsklemmung bei hohen Spannungspegeln. Der thermische Widerstand des Geräts wird durch Verteilen der Wärmeerzeugung über einen größeren Bereich des

Chips erniedrigt. Dies erhöht die Zuverlässigkeit durch Erniedrigen der Temperatur der Übergänge und durch Erhöhen des Durchbrennpegels. Zusätzlich schaffen mehrere Stapel von Dioden eine Struktur gemäß einer verteilten Übertragungsleitung, die für einen Hochfrequenzbetrieb einfacher impedanzmäßig angepaßt werden kann.

[0020] Die PDB-Dioden 12_x leiten bei positiven und negativen Spannungen gleichermaßen. Da die Leitung bei jeder Polarität der angelegten Spannung auftritt, tritt eine Erwärmung in allen Diodenelementen unabhängig von der angelegten Spannungspolarität gleich auf; was in einer größeren Leistungshandhabung und in einem größeren Widerstand gegenüber einer ESD-Beschädigung resultiert. Zusätzlich wird die gerade sogar harmonische Verzerrung aufgehoben und es werden nur ungeradzahlige Harmonische erzeugt.

[0021] Die Geräte 10 zum Schutz gegen eine elektrische Überbeanspruchung können mit Halbleiterverbindungen, insbesondere mit GaAs hergestellt werden, wie es von Malik bezüglich der Herstellung von PDB-Dioden in dem U.S. Patent Nr. 4,410,902 mit dem Titel "Planar Doped Barrier Semiconductor Device" beschrieben ist. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel betragen die Abmessungen 1350 Mikronieter in der Länge, 900 Mikronieter in der Breite und 100 Mikronieter in der Dicke. Es existieren ein Eingangs-, ein Ausgangs- und zwei Masseverbindungsanschlußflächen für mehrere Drahtverbindungen zur Masse.

[0022] PDB-Dioden weisen die erforderliche Geschwindigkeit auf, um integrierte Hochfrequenzschaltungen zu schützen (es können Grenzfrequenzen F_c über 400 GHz erreicht werden). Diese Dioden sind inhaltlich gegenüber einer Beschädigung durch ESD und EOS widerstandsfähiger, als es Schottky-Dioden mit der gleichen Kapazität sind.

[0023] Eine symmetrische PDB-Diode leitet Strom beider Polaritäten. Folglich wird lediglich eine einzige PDB-Diode zum Schutz vor positiven und negativen Spannungsbelastungen benötigt, was eine kleinere Chipgröße erlaubt. Die symmetrische PDB weist eine niedrigere Kapazität als zwei Schottky-Dioden mit der gleichen Stromhandhabungsfähigkeit auf, wodurch ein Hochfrequenzbetrieb und kürzere verteilte Übertragungsleitungen möglich werden. Dies erlaubt eine gleichmäßige Verteilung des Stroms in allen Dioden des Arrays bei hohen Frequenzen, was in einer konstanteren Klemmspannung und Leistungshandhabung als Funktion der Frequenz resultiert.

[0024] Die Kapazität der PDB-Diode ist näherungsweise von der Spannung unabhängig, derart, daß die Impedanzanpassung des Bauelements von den angelegten Spannungen (bei Spannungen unterhalb der Einschaltspannung) unabhängig ist. Die Vorwärts- und Rückwärts-Charakteristika der Diode können angepaßt werden, um die Erzeugung von geraden Harmonischen zu minimieren. Die Barrierefhöhe der PDB-Dioden kann derart hergestellt sein, um höher als die Barrierefhöhe von Schottky-Dioden zu sein. Dies erlaubt weniger Dioden in dem Serienstapel, um die gleiche Spannungsklemmung zu erreichen, was wiederum eine kleinere Chipgröße möglich macht.

[0025] Es existiert keine Stromgleichrichtung, wenn die elektrische Belastung eine Sinusspannung ist. Daher fließt auf den Metallverbindungen kein Gleichstrom, wodurch die Ausfallrate aufgrund der Elektromigration reduziert wird.

Patentsprüche

1. Gerät (10) zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung für elektrische Schaltungen, mit folgenden Merkmalen:
einem Diodenbegrenzerarray (12), das N Serien von N

Paaren von parallelen Dioden ($12_1 \dots 12_N$), die, seriell verbunden sind, aufweist, wobei M und $N \geq 2$ sind, und jedes Paar von parallelen Dioden eine in Flussrichtung und eine in Sperrrichtung betriebene Diode aufweist, wobei Paare von parallelen Dioden in einer Serie mit jeweils, entsprechenden Paaren von parallelen Dioden weiterer Serien parallel verbunden sind; einem Eingangsanpassungsnetzwerk (14); und einem elektrischen Ausgangsanpassungsnetzwerk (14).

5

10

2. Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung gemäß Anspruch 1, bei dem jedes der N Paare von parallelen Dioden (12_x) auf einem monolithischen Substrat gebildet ist.

3. Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung gemäß Anspruch 2, bei dem jede Diode jedes Paars von parallelen Dioden (12_x) eine planar dotierte Barrierediode ist.

15

4. Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung gemäß Anspruch 3, bei dem jedes Paar von parallelen Dioden (12_x) eine planar dotierte Barrierediode mit einer im wesentlichen symmetrischen Strom-Spannungs-Charakteristik ist.

20

5. Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem jede Serie von N Paaren von parallelen Dioden (12_x) mindestens fünf Paare mit parallelen Dioden aufweist.

25

6. Gerät zum Schutz vor elektrischer Überbeanspruchung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich die Anpassungsnetzwerke wie nichtlineare Serienschutzelemente verhalten.

30

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

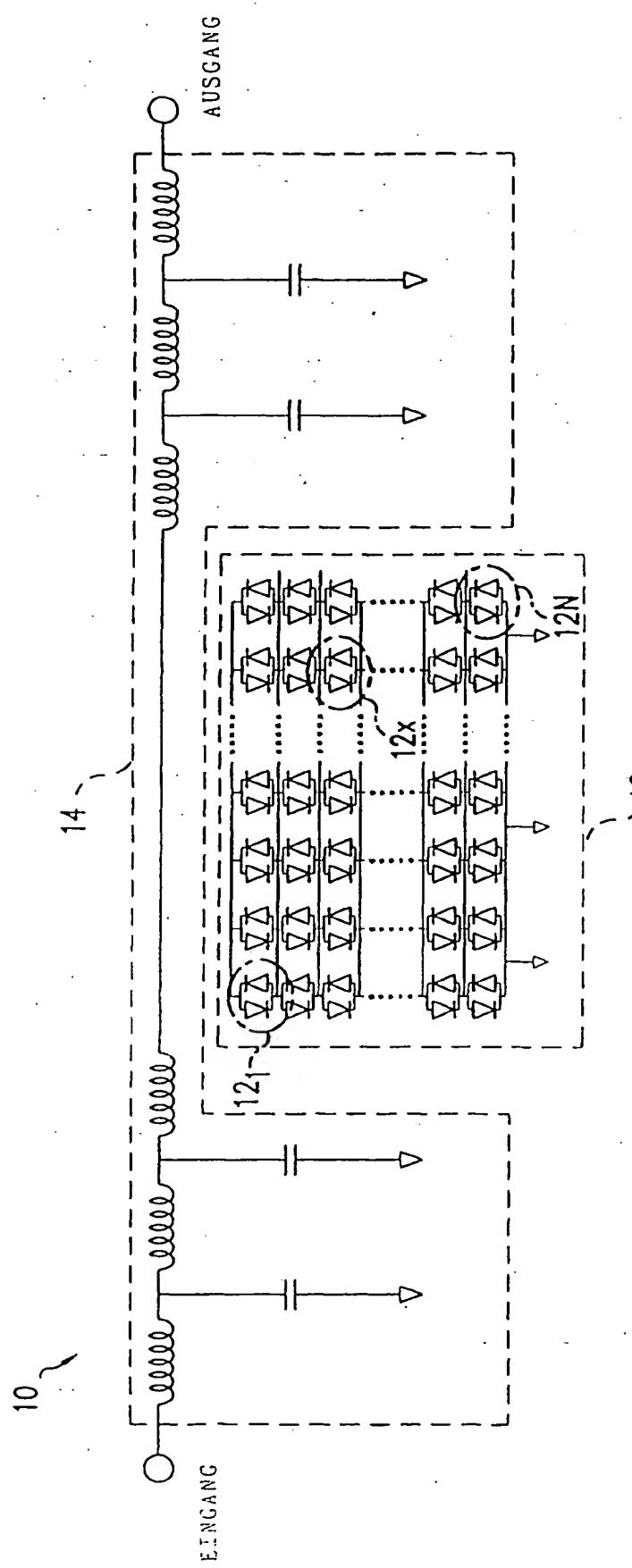


FIG. 2

JECI AVAILABLE COPY

